

# **DETERMINACIÓN PRELIMINAR DE GÉNEROS Y DENSIDADES POBLACIONALES DE NEMATODOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE ARROZ (*Oryza sativa*) EN LA REGIÓN HUETAR ATLÁNTICA DE COSTA RICA**

**SIGIFREDO ARAYA CARVAJAL**

Proyecto presentado a la Escuela de Agronomía  
como requisito parcial para optar al grado de Bachillerato  
en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

**2006**

**DETERMINACIÓN PRELIMINAR DE GENERÓS Y DENSIDADES  
POBLACIONALES DE NEMATODOS ASOCIADOS AL CULTIVO  
DE ARROZ (*Oryza sativa*) EN LA REGIÓN HUETAR ATLÁNTICA  
DE COSTA RICA**

**SIGIFREDO ARAYA CARVAJAL**

**Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:**

Ing.Biot. Wayner Montero Carmona. Bach. \_\_\_\_\_  
Asesor

Ing. Agr. Tomás Guzmán Hernández .PhD. \_\_\_\_\_  
Jurado

Ing. Agr. Rolando Araya Mejías. Lic. \_\_\_\_\_  
Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez. MAE. \_\_\_\_\_  
Coordinador  
Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Olger Murillo Bravo. MSc. \_\_\_\_\_  
Director  
Escuela de Agronomía

**2006**

## **Dedicatoria**

En primer lugar le dedico este trabajo a Dios Todopoderoso por las bendiciones que me ha brindado.

A mis padres Sigifredo Araya Alvarado y Jovita Carvajal Salas por sus sabios consejos y apoyo brindados durante mi formación profesional y personal.

A mis hermanos Jonathan y Familia, Joseph y Maikol que me ofrecieron el apoyo y su ayuda para lograr terminar con éxitos mis estudios.

## **Agradecimientos**

Al Dr. Tomás Guzmán Hernández por su colaboración y aceptación de la realización de esta práctica de especialidad en el Laboratorio de Nematodos del ITCR sede San Carlos ; también agradezco al ingeniero Rolando Araya Mejías por su amplia dedicación y guía durante la elaboración de este trabajo, al ingeniero Wayner Montero Carmona por asesorarme durante la elaboración del trabajo y revisión de este documento, además a los ingenieros Joaquín Durán Mora y Eliécer Arce Ramírez , por su dedicación, responsabilidad y apoyo durante todo el desarrollo de este trabajo de investigación.

A todos los profesores y funcionarios del ITCR que fueron la base firme en mi formación profesional.

A los funcionarios de investigación de CONARROZ de la Región Huetar Atlántica especialmente al Ing. Oswaldo Ledezma por su colaboración en la ubicación de las fincas, toma de muestras, información, y facilidades brindadas en el desarrollo de este trabajo.

A mis amigos Juan Diego López Blanco y Mario Ulate Sánchez por su ayuda y amistad durante los cuatro años de carrera.

## TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
TABLA DE CONTENIDOS .....	III
ÍNDICE DE CUADROS .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
RESUMEN .....	VII
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. OBJETIVOS .....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivos específicos .....	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
3.1. Generalidades del cultivo de arroz .....	4
3.1.1. Origen .....	4
3.1.2. Taxonomía .....	4
3.1.3. Morfología .....	4
3.1.4. Órganos vegetativos.....	5
3.1.4.1. Raíz.....	5
3.1.4.2. Tallo .....	5
3.1.4.3. Hojas .....	5
3.1.5. Órganos florales .....	6
3.1.5.1. Panícula .....	6
3.1.5.2. Espiguillas .....	6
3.1.6. Fases de desarrollo .....	6
3.1.6.1. Fase vegetativa .....	6
3.1.6.1.1.Etapa 0:.....	6
3.1.6.1.2.Etapa 1. Plántula .....	7
3.1.6.2. Etapa 2. Macollamiento.....	7
3.1.6.2.1.Etapa 3. Elongación del tallo .....	7
3.1.6.3. Fase reproductiva.....	7
3.1.6.3.1.Etapa 4. Iniciación de la panícula .....	7
3.1.6.3.2.Etapa 5. Desarrollo de panícula .....	7
3.1.6.3.3.Etapa 6. Floración .....	7
3.1.6.3.4.Etapa 7. Estado lechoso.....	7
3.1.6.3.5.Etapa 8. Estado pastoso .....	7
3.1.6.3.6.Etapa 9. Maduración .....	8
3.1.7. Ecología del cultivo.....	8

3.1.7.1. Características climáticas .....	8
3.1.7.1.1. Temperatura .....	8
3.1.7.1.2. Radiación solar .....	9
3.1.7.1.3. Precipitación .....	10
3.1.7.1.4. Viento .....	10
3.1.7.1.5. Humedad relativa .....	10
3.2. Características agronómicas .....	11
3.2.1. Altura de planta .....	11
3.2.2. Habilidad de macollamiento .....	11
3.2.3. Vigor vegetativo .....	11
3.2.4. Volcamiento o acame .....	11
3.2.5. Ejerción de la panícula .....	11
3.2.6. Floración y maduración .....	12
3.3. Variedades del cultivo arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) .....	12
3.3.1. CR 1113 .....	12
3.3.2. CR 5272 .....	12
3.3.3. CR 201 .....	13
3.3.4. CR 1707 .....	13
3.3.5. CR 1821 .....	13
3.3.6. CR 1821 .....	14
3.4. Área de siembra de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) en la Región Huetar Atlántica .....	14
3.5. Nematodos asociados al cultivo del arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) .....	15
3.5.1. <i>Helicotylenchus spp.</i> .....	16
3.5.2. <i>Pratylenchus sp.</i> .....	16
3.6. Otros Nematodos relacionados al cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) .....	17
3.6.1. <i>Hirschmaniella orizae</i> : .....	17
3.6.2. <i>Ditylenchus angustus</i> : .....	17
3.6.3. <i>Aphelenchoides besseyi</i> : .....	17
3.6.4. <i>Meloidogyne graminicola</i> , <i>M. incognita</i> , <i>M. javanica</i> y <i>M. arenaria</i> : ..	17
3.6.5. <i>Pratylenchus indicus</i> y <i>Pratylenchus zeae</i> : .....	18
3.7. Lista de todos los nematodos asociados al cultivo de Arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) en Costa Rica .....	18
3.8. Ciclo de vida de los nematodos .....	19
3.9. Factores que afectan el desarrollo y reproducción de los nematodos .....	19
3.9.1. Las condiciones de Suelo .....	20
3.9.1.2. Temperatura .....	20
3.9.1.3. Tipo de Suelo .....	20

3.9.2.	Las condiciones de clima.....	21
3.10.	Condición Fisiológica del Cultivo .....	22
3.11.	Distribución de los nematodos en el suelo. ....	22
3.12.	Organismos biorreguladores de nematodos.....	23
3.13.	Descripción de la Región Huetar Atlántica de Costa Rica .....	23
<b>4.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
4.1.	Ubicación de la investigación .....	25
4.3.	Toma de muestras para el arroz. ....	26
4.4.	Análisis de muestra en Laboratorio .....	26
4.4.1.	Muestras de Raíces.....	26
4.4.2.	Muestras de suelo .....	27
4.5.	Variables Evaluadas .....	28
4.6.	Análisis de Datos .....	28
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>29</b>
5.1.	Géneros de Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) .....	29
5.2.	Frecuencia de presencia de nematodos fitoparásitos en raíz, suelo y ambos asociados al cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) en la Región Huetar Atlántica de Costa Rica.....	31
5.3.	Densidades promedio de nematodos fitoparásitos presentes en 100 g. de raíz en el cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) en la Región Huetar Atlántica de Costa Rica .....	33
5.4.	Densidad promedio de nematodos fitoparásitos presentes en 100 g. de suelo en el cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) en la Región Huetar Atlántica de Costa Rica. ....	34
5.5.	Comparación de dos sistemas de producción de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ): MAP (Manejo de Alta Productividad) y Convencional (tradicional) en la Región Huetar Atlántica de Costa Rica.....	35
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>38</b>
<b>7.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>39</b>
<b>8.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>40</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>45</b>

## INDICE DE CUADROS

Número	Título	Página
1	Temperaturas críticas en el cultivo del arroz.....	9
2	Área de siembra de arroz en la Región Huetar Atlántica.2006.....	14
3	Datos de la población estudiada en la Región Huetar Atlántica de Costa Rica.2006.....	26
4	Géneros y densidades de nematodos encontrados en 100 gramos de raíz para los fincas muestreadas de la Región Huetar Atlántica.2006.....	45
5	Géneros y densidades de nematodos encontrados en 100 gramos de raíz para las diferentes áreas muestreadas de la Región Huetar Atlántica.2006.....	46
6	Géneros y densidades de nematodos encontrados en 100 gramos de raíz para los fincas muestreadas de la Región Huetar Atlántica.2006.....	46
7	Géneros y densidades de nematodos encontrados en 100 gramos de suelo para las diferentes áreas muestreadas de la Región Huetar Atlántica.2006.....	47
6	Frecuencias de géneros de nematodos presentes en raíz, suelo y raíz más suelo en el cultivo de arroz en la Región Huetar Atlántica.2006.....	47
7	Descripción básica del Manejo Convencional Vrs. MAP (Manejo de Alta Productividad) para la Región Huetar Atlántica.2006 .....	48



## ÍNDICE DE FIGURAS

Número	Título	Página
1.	Técnica del Embudo de Bearmann empleado para la extracción de nematodos presentes en suelo.....	28
2.	Géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) en la Región Huetar Atlántica.2006 .....	30
3.	Frecuencia de presencia de nematodos fitoparásitos en raíz, suelo y raíz más suelo asociados al cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) en la Región Huetar Atlántica. 2006.....	32
4.	Densidad promedio de nematodos fitoparásitos presentes en 100 g. de raíz en el cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) en la Región Huetar Atlántica.2006.....	33
5.	Densidad promedio de nematodos fitoparásitos presentes en 100 g. de suelo en el cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) en la Región Huetar Atlántica.2006.....	35
6.	Densidad de nematodos fitoparásitos presentes en 100 g. de raíz en el cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) en el tratamiento MAP y Tradicional en la Región Huetar Atlántica.2006.....	37
7.	Densidad de nematodos fitoparásitos presentes en 100 g. de suelo en el cultivo de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) en el tratamiento MAP y Tradicional en la Región Huetar Atlántica.2006.....	37

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la Región Huetar Atlántica de Costa Rica en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*), durante los meses de agosto y septiembre del 2006, en fincas asociadas a la Corporación Arrocera Nacional con el objetivo general de caracterizar las poblaciones de nematodos fitoparásitos presentes en este cultivo en esta región determinada.

Se evaluaron 10 fincas de productores asociados a CONARROZ para un total de 121 Ha tomándose en éstas 19 muestras de raíz y 19 muestras de suelo del cultivo en estudio.

De acuerdo al diagnóstico realizado los principales géneros asociados al cultivo de arroz en la región Huetar Atlántica son: *Meloidogyne sp*, *Pratylenchus sp*, *Tylenchorhynchus sp*, *Tylenchus sp*, *Helicotylenchus sp* y *Criconebella sp*.

*Meloidogyne spp*, fue el nematodo que presentó las mayores densidades poblacionales 23.948 nematodos para 100 g. de raíz y 20,1 en 100 g. de suelo y la más alta frecuencia (89 %) en el suelo por lo que puede ser considerado el nematodo de mayor importancia en la Región Huetar Atlántica de Costa Rica para el cultivo de arroz. *Pratylenchus spp* presentó la mayor frecuencia en raíz (95 %). El género *Tylenchus* se encuentra en baja frecuencia (15,72 %) y densidad (0,6 nematodos/100gr. suelo) por lo que no se considera como un problema dentro del cultivo debido a que este género de nematodos es considerado generalmente como no patogénicos. El género *Tylenchorhynchus* tuvo una frecuencia de 42,11 % en suelo. *Criconebella spp*. y *Helicotylenchus spp*. se encuentran en bajas frecuencia (5% ambos), en bajas densidades poblacionales en 100 g. de suelo (0,15 y 0,6 respectivamente) y en bajas densidades poblacionales en 100 g. de raíz (2 y 11 respectivamente), por lo que no se consideran como un problema dentro del cultivo de arroz en la Región Huetar Atlántica de Costa Rica.

**Palabras claves:** nematodos, géneros, densidades poblacionales, arroz, Región Huetar Atlántica.

## 1. INTRODUCCIÓN

El arroz ha sido considerado el cereal básico en la alimentación diaria del costarricense, por lo que tiene una notable importancia en nuestro país; lo anterior justifica plenamente la necesidad de conocer detalladamente aquellos factores que afectan su producción (Salazar, 2003).

Según Ramírez (2001), se consume actualmente 55 Kg. per cápita anual de arroz oro. Por otra parte este cultivo constituye un renglón de significativa importancia dentro del sector agrícola; al ser las principales zonas productoras la región Chorotega, Pacífico Central, Brunca, Huetar Norte, Huetar Atlántica y Central.

En el período 2004 el área de siembra de arroz en Costa Rica fue de 48.906 hectáreas; con un rendimiento promedio para la actividad de 4,26 t. por hectárea, lo que equivale a 57,91 sacos húmedos y sucios (CONARROZ, 2004). En la actualidad la región Huetar Atlántica siembra más de 4000 hectáreas al año, repartidas entre 105 productores (CONARROZ, 2006).

Los nematodos fitoparásitos son microorganismos que generalmente están presentes en el suelo y las raíces de cultivos de importancia económica. Algunos autores citados por Salazar (2003), indican que los nematodos fitoparásitos han sido mencionados como uno de los factores que afectan el rendimiento de este importante cereal.

Fortuner y Merny (1979) han informado que más de 100 especies de nematodos fitoparásitos han sido encontrados asociados al arroz en muchos países del mundo y que su frecuencia e importancia son muy variables.

Se estima que, a nivel mundial, un 76% del área dedicada a este cultivo se encuentra infestada con densidades dañinas de estos parásitos. Los estimados de pérdidas atribuidas a ellos varían entre el 10 y 90% de la cosecha, según la especie de nematodo y otros factores (Salazar, 2003).

López *et al.* (1987) indican que en Costa Rica, un estudio realizado hace varios años permitió identificar 20 géneros de nematodos fitoparásitos en suelos arroceros y 11 en las raíces de esta planta. Dentro de este grupo de nematodos,

destaca *Meloidogyne salasi* como la única especie cuya patogenicidad en el cultivo ha podido ser demostrada en condiciones locales (Sancho *et al.*, 1987).

En la Región Huetar Atlántica como en muchas otras regiones de Costa Rica y del Trópico Húmedo, los nematodos se han convertido en un factor seriamente limitante para el cultivo de arroz causando pérdidas en la producción de este cultivo y así limita la producción, por lo tanto, no hay duda que los nematodos están afectando a los productores de arroz, por esta razón es que se va a determinar las densidades poblacionales y géneros de nematodos del cultivo de arroz en la Región Huetar Atlántica de Costa Rica.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar las poblaciones de nematodos fitoparásitos en el cultivo de arroz en la Región Huetar Atlántica de Costa Rica.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ❖ Identificar los géneros de nematodos que están asociados al cultivo de arroz en la Región Huetar Atlántica de Costa Rica.
- ❖ Cuantificar las poblaciones de nematodos fitoparásitos en las plantas de arroz muestreadas.
- ❖ Comparar los géneros encontrados en el diagnóstico con géneros reportados en literatura costarricense.

### **3. REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **3.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE ARROZ**

##### **3.1.1. Origen**

El cultivo del arroz comenzó hace casi 10.000 años, en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Posiblemente sea La India el país donde se cultivó por primera vez el arroz debido a que en ella abundaban los arroces silvestres. Pero el desarrollo del cultivo tuvo lugar en China, desde sus tierras bajas a sus tierras altas. Probablemente hubo varias rutas por las cuales se introdujeron los arroces de Asia a otras partes del mundo (InfoAgro, 2002).

##### **3.1.2. Taxonomía**

Clase: Monocotiledónea

Orden: Glumiflora

Familia: Poaceae

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Orizae

Subtribu: Orizineas

Género: *Oryza*

Especies: *Glaberrima*, *sativa* que son las más cultivadas (Chávez, 1992).

##### **3.1.3. Morfología**

La planta de arroz (*Oryza sativa*), es una gramínea anual, de tallos redondos y huecos compuestos de nudos y entrenudos, con hojas de lámina plana unidas al tallo por una vaina y con inflorescencia tipo panícula. El tamaño de la planta varía de 0,4 m (enanas) hasta 7,0 m (flotantes) (CIAT, 1985).

Datta (1986) considera que las partes de la planta de arroz pueden dividirse de la siguiente forma:

1. Órganos vegetativos: comprenden las raíces, los tallos y hojas.

2. Órganos florales: Comprenden los vástagos modificados que constan de panícula y de espiguillas.

### **3.1.4. Órganos vegetativos**

#### **3.1.4.1. Raíz**

Las raíces son delgadas, fibrosas y fasciculadas. Posee dos tipos de raíces: seminales, que se originan de la radícula y son de naturaleza temporal y las raíces adventicias secundarias, que tienen una libre ramificación y se forman a partir de los nudos inferiores del tallo joven. Estas últimas sustituyen a las raíces seminales (InfoAgro, 2002).

#### **3.1.4.2. Tallo**

Es erecto, cilíndrico y hueco. Puede tener hasta 20 nudos. La distancia entre los nudos es pequeña en los nudos inferiores, y más grandes en los nudos superiores (DGETA, 1982).

La resistencia del tallo, es un factor importante en las variedades para evitar en lo posible el acame. La fragilidad del tallo y la de otros órganos vegetativos está controlada por factores genéticos; químicamente se debe a un contenido bajo de alfa-celulosa (Tinarelli, 1989).

Los retoños (hijos o macollos) se desarrollan a partir del tallo principal en orden alterno; los primarios se desarrollan de los nudos más bajos y producen tallos secundarios que a su vez producen los tallos terciarios (Murillo, 1982).

#### **3.1.4.3. Hojas**

Las hojas están dispuestas en ángulo con el tallo, en dos hileras, una en cada nudo. Datta (1986), describe una hoja completa de la siguiente forma:

- Lámina o limbo: Parte expandida de la hoja, fijada al nudo de la vaina foliar.
- Vaina foliar: Parte de la hoja, se origina en el nudo y encierra el entrenudo por arriba de ella.
- Cuello: El cuello es la unión de la vaina y la lámina y en él se encuentra la lígula y las aurículas.

- Lígula: Es una estructura triangular de textura apergaminada o membranosa, difiere de tamaño, color y forma según las variedades de arroz.
- Aurículas: Son apéndices situados a cada lado de la base de la lámina y tienen forma de hoz (CIAT, 1985).

La hoja más alta por debajo de la panoja es conocida como la hoja bandera (Chávez, 1992). La última hoja (hoja bandera) y la penúltima, sintetizan un 75% de los carbohidratos que son distribuidos hacia el grano (CIAT, 1985).

### **3.1.5. Órganos florales**

#### **3.1.5.1. Panícula**

La inflorescencia es una panícula muy desarrollada portada de espiguillas uniflorales, la cual se inicia a partir del nudo superior (nudo ciliar). De los nudos de la panícula nacen las ramificaciones y su eje principal es conocido como raquis, el cual es hueco (CIAT, 1985).

#### **3.1.5.2. Espiguillas**

Es la unidad de la inflorescencia y está unida a las ramificaciones por el pedicelo. Una espiguilla consta de la raquilla y está formada por dos “glumas externas” (lemas estériles), la lema y la palea (CIAT, 1985).

### **3.1.6. Fases de desarrollo**

Chávez (1992), cita que el crecimiento de la planta de arroz es un proceso fisiológico continuo que comprende desde la germinación hasta la maduración del grano, el cual puede ser dividido en 3 fases y 10 etapas. El ciclo de cultivo para las variedades usadas en Costa Rica oscila entre 115 – 135 días y la longitud del ciclo depende de la sensibilidad de la variedad a la duración del día.

#### **3.1.6.1. Fase vegetativa**

Se da desde la germinación de la semilla hasta el inicio de la diferenciación de la panícula (CIAT, 1985) y a su vez comprende las siguientes etapas:

##### **3.1.6.1.1. Etapa 0:**

Comprende desde la germinación hasta la emergencia, con una duración de aproximadamente 5 – 10 días.



#### **3.1.6.1.2. Etapa 1. Plántula**

Esta etapa se extiende desde la emergencia hasta poco antes de aparecer el primer macollo (Universidad de Filipinas, 1975).

#### **3.1.6.2. Etapa 2. Macollamiento**

La etapa de macollamiento abarca desde la aparición del primer hijo hasta alcanzar la aparición máxima de hijos (máximo macollamiento). Esta etapa está comprendida entre los 45 – 50 días de edad (CIAT, 1985).

##### **3.1.6.2.1. Etapa 3. Elongación del tallo**

Comprende desde el momento en que se inicia la elongación del cuarto entrenudo del tallo principal hasta la iniciación de la panícula (Universidad de Filipinas, 1975).

#### **3.1.6.3. Fase reproductiva**

Comprende el período entre el inicio de la floración de la panícula y la floración (CIAT, 1985). La formación de la panícula se inicia 70 ó 75 días antes de la fecha de maduración (Chandler, 1984).

##### **3.1.6.3.1. Etapa 4. Iniciación de la panícula**

Esta etapa comienza a partir de la diferenciación del meristemo floral en el punto de crecimiento, marca el crecimiento, marca el fin de la fase vegetativa e inicio de la fase reproductiva (Ramírez, 2001).

##### **3.1.6.3.2. Etapa 5. Desarrollo de panícula**

Se extiende desde el momento que se visualiza el primordio hasta que la punta de éste se ubica debajo del cuello de la hoja bandera (Chávez, 1992).

##### **3.1.6.3.3. Etapa 6. Floración**

Se inicia con la salida de la panícula, se lleva a cabo la antesis de las flores del tercio superior de la panícula (CIAT, 1985)

##### **3.1.6.3.4. Etapa 7. Estado lechoso**

Ocurre luego de la fecundación, inicia el llenado del grano con un líquido lechoso y blanco (Grist, 1982).

##### **3.1.6.3.5. Etapa 8. Estado pastoso**

La consistencia del grano pasa de líquida a pastosa suave hasta que endurece. El color externo se vuelve amarillo verdoso (CIAT, 1985).

### **3.1.6.3.6. Etapa 9. Maduración**

En la etapa de maduración se alcanza la madurez completa del grano. Tiene una duración de 25 – 35 días (Murillo 1982). Los granos muestran una coloración amarilla pajiza.

### **3.1.7. Ecología del cultivo**

En Costa Rica, el arroz puede cultivarse desde el nivel del mar hasta los 850 m.s.n.m., por lo que puede adaptarse a diversas zonas productivas (Monge, 1987). El cultivo requiere de altas temperaturas y abundante radiación solar, además de una alta disponibilidad de agua, la cual es considerada como el requisito más crítico en su producción (Chávez, 1992).

#### **3.1.7.1. Características climáticas**

##### **3.1.7.1.1. Temperatura**

Un agroecosistema arrocero presenta variaciones de los niveles térmicos y en condiciones del trópico húmedo, máximos y mínimos pueden caracterizar islas de cultivo con su microclima típico (Tinarelli, 1989). La temperatura influye sobre el crecimiento y desarrollo de la planta de arroz. Las distintas fases de desarrollo de la planta de arroz, como se observa en el Cuadro 1, tienen sus requerimientos de temperatura (CIAT, 1985). Sin embargo, un rango general de temperatura varía entre 18 y 35 °C, siendo más adecuadas las temperaturas mayores. Las temperaturas bajas durante la fase de floración pueden causar debilitamiento de las plantas predisponiéndolas al ataque de plagas (Monge, 1987).

**Cuadro 1:** Temperaturas críticas en el cultivo del arroz

Etapas de desarrollo	Temperatura crítica		
	Baja	Óptima	Alta
Germinación	10	25 – 35	45
Emergencia y establecimiento de plántulas	12 – 13	25 – 30	35
Enraizamiento	16	25 – 30	35
Elongación de hojas	07 – 12	31	45
Macollamiento	09 – 16	25 – 35	33
Iniciación de panículas	15 – 20	-	-
Diferenciación de la panícula	15 – 20	-	38
Floración	22	30 – 33	35
Maduración	12 – 18	20 – 22	40

**Fuente:** CONNITTA, 1991.

#### 3.1.7.1.2. Radiación solar

El comportamiento de la planta de arroz frente a la oscilación luz – oscuridad varía de una variedad a otra. Este comportamiento es complejo por la relación tan estrecha que existe entre el termoperíodo y el fotoperíodo (Tinarelli, 1989).

Las necesidades de radiación solar para el cultivo de arroz son distintas para los diferentes estados de desarrollo de la planta. Una baja radiación solar durante la fase vegetativa afecta muy ligeramente los rendimientos y sus componentes; mientras que en la fase reproductora existe una marcada disminución en el número de granos. Por otro lado, durante el llenado y maduración del grano, con baja luminosidad reduce drásticamente los rendimientos por disminución en el porcentaje de granos llenos y llenado deficiente de granos (Monge, 1987).

El rango de radiación solar que requiere la planta de arroz varía entre 250 a 350 cal/cm<sup>2</sup>/día (MAG, 1991). Datta (1986) indica que es necesario 300 cal/cm<sup>2</sup>/día en la fase reproductora para superar los rendimientos de

5,0 toneladas por hectárea.

#### 3.1.7.1.3. Precipitación

El arroz no solamente se cultiva en condiciones de irrigación, sino también en condiciones de secano (sin riego), en donde la precipitación pluvial es el único medio en el cual, la planta de arroz toma el agua necesaria para su crecimiento, desarrollo y producción del grano. El éxito o fracaso depende no solamente de la cantidad de lluvia sino también de su distribución (Murillo ,1982).

La precipitación más baja de la región debe coincidir con la preparación de suelos y con la recolección del grano, mientras que la época de mayor precipitación debe favorecer las etapas de crecimiento como la germinación, macollamiento y la fase reproductiva (Murillo ,1982).

Chávez (1992), indica que se está en un secano (sin riego) favorecido cuando las condiciones de alta precipitación y humedad del suelo favorecen el cultivo. Bajo estas condiciones, se requiere en promedio de 5 a 10 mm de lluvia por día.

#### 3.1.7.1.4. Viento

La condición de viento que favorece el cultivo es el de velocidad lenta (brisa). Esta condición tiene efecto positivo en el aumento de la producción ya que produce una turbulencia dentro de la comunidad de las plantas. Esto contribuye a un mejor suministro de CO<sub>2</sub>, materia prima de la fotosíntesis (CIAT, 1985). Sin embargo, vientos fuertes perjudican el cultivo especialmente durante la floración y maduración del grano, pues provocan aborto en las flores, volcamiento de las plantas y caídas de grano.

#### 3.1.7.1.5. Humedad relativa

La humedad relativa, la temperatura y la precipitación, son muy importantes en lo que se refiere a la fitopatología del cultivo. La humedad relativa tiene gran influencia en la evaporación y transpiración de la planta (Murillo, 1982). Entre más alta es la humedad relativa más se favorecen algunos patógenos como *Pyricularia grisea* cuya incidencia aumenta cuando la humedad relativa es mayor al 90% (Chávez, 1992).

La humedad relativa óptima para el cultivo, está ubicada entre 80 y 90% (CIAT, 1985).

## **3.2. Características agronómicas**

### **3.2.1. Altura de planta**

Según Ruíz (1983) entre más alta sea la planta menor es el rendimiento en grano, debido a la relación grano/paja. A su vez anota que las variedades de porte bajo responden positivamente en rendimiento de grano a la fertilización nitrogenada, mientras que las variedades altas tienen respuesta al nitrógeno.

### **3.2.2. Habilidad de macollamiento**

Jennings (1985), manifiesta que en plantas mejoradas se prefiere un alto macollamiento al macollamiento medio o bajo; esto para lograr una productividad máxima con poblaciones moderadas y densas. Sin embargo, a densidades altas de semilla, las variedades que macollan profusamente forman pocos tallos por planta; pero darán una producción total más alta que variedades de bajo macollamiento inherente.

### **3.2.3. Vigor vegetativo**

Se define el vigor vegetativo inicial como la capacidad del material en llenar rápidamente los espacios entre plantas y entre surcos. La heredabilidad del vigor inicial es baja; sin embargo es una característica deseable si no conduce al autosombreo. Disminuye la competencia de malezas y compensa las pérdidas de plantas (Jennings, 1985).

### **3.2.4. Volcamiento o acame**

Jennings *et al.* (1981), indican que la resistencia al volcamiento está relacionada principalmente con la poca altura. Tallos cortos y fuertes, más que ningún otro carácter, determinan la resistencia al acame.

### **3.2.5. Exercción de la panícula**

Es la capacidad de las panículas de emerger completamente de la vaina de la hoja bandera. La exercción inhibida de las panículas es un carácter indeseable y provoca que las espiguillas encerradas en la vaina sean estériles o se llenen tan sólo parcialmente, produciendo pérdidas moderadas del grano (Jennings *et al.*, 1985).

### **3.2.6. Floración y maduración**

El ciclo de vida de la planta de arroz esta generalmente en un rango de 100 a 210 días, con la moda entre 110 a 150 días; variedades con ciclos de 150 a 210 días son usualmente sensibles al fotoperíodo (Jennings *et al.*, 1985).

La mayor parte de las variedades modernas son de maduración intermedia (110 a 135 días) y rinden más que las que maduran precozmente (menor a 110 días) o más tarde (mayor a 135 días) (Jennings *et al.*, 1985).

## **3.3. Variedades del cultivo Arroz (*Oryza sativa*)**

Las variedades de arroz recomendadas han sido desarrolladas para los suelos arroceros de las diferentes zonas productoras de arroz en el país (MAG, 1991).

### **3.3.1. CR 1113**

Es una variedad de paja corta, de hojas erectas, tallos gruesos, de buen macollamiento, resistente al acame, que florece entre 95 y 100 días después de la siembra y dura a la cosecha entre 127 y 135 días y es resistente a la mayoría de las enfermedades que afectan el cultivo, pero susceptible a piricularia. Tiene una buena respuesta al nitrógeno entre 80 y 120 kg/ha; requiere de una buena fertilización fosfórica y potásica de acuerdo a las necesidades del suelo. Actualmente es necesario aplicar, en forma preventiva, fungicidas para el combate de piricularia en el cuello de la espiga. Su grano tiene muy buena calidad molinera. (MAG, 1991).

### **3.3.2. CR 5272**

Es una variedad de porte bajo, hojas erectas, macollamiento moderado, resistente al acame, con floración entre los 80 y 85 días después de la siembra y una duración a la cosecha entre 100 y 115 días.

Esta variedad, al igual que CR 1113, es susceptible a piricularia pero tiene menor capacidad de recuperación cuando hay ataque severo de la enfermedad al follaje.

Su respuesta al nitrógeno es inferior a la de CR 1113, en la mayoría de los casos a 80 Kg./ha y su potencial de producción está entre 5,5 y 6 t/ha. Su grano tiene excelente calidad molinera (MAG, 1991).

### **3.3.3. CR 201**

Esta variedad se caracteriza por su crecimiento desuniforme debido a que está formada por muchas líneas del mismo cruce, lo cual afecta la uniformidad de maduración y la calidad molinera del grano. Es una variedad de paja corta, resistente al acame con buen macollamiento. Sus hojas inicialmente son laxas pero después de los 60 días se tornan erectas; florece a los 90 días y dura 120 días a la cosecha. Tiene muy buena resistencia a piricularia, es medianamente resistente a *Helminthosporium*, susceptible a *Rhizoctonia* y resistente al resto de las enfermedades que atacan al cultivo en Costa Rica. Su potencial de producción es alto, mayor de 6 t/ha, así como su respuesta a nitrógeno, que es 120 Kg. /ha aproximadamente (MAG, 1991).

### **3.3.4. CR 1707**

Es un material recientemente introducido, que se caracteriza principalmente por su alta resistencia a piricularia y la mayoría de las enfermedades que atacan al cultivo; florece a los 90 días y dura 120 días a la cosecha. Las características de la planta son similares a las variedades CR 201. Es un material de alto potencial de producción, mayor de 6 t/ha, resistente al acame y de macollamiento moderado. La calidad molinera del grano es superada por las variedades CR 1821, CR 1113 y CR 5272 (MAG, 1991).

### **3.3.5. CR 1821**

Es una variedad de alta capacidad de producción (potencial 11 t/ha) y cuyo grano tiene excelente calidad molinera. La variedad tiene gran capacidad de macollamiento y resistencia al acame. Sus hojas presentan la misma característica de crecimiento que la variedad CR 201; florece entre los 95 y 100 días y se cosecha entre los 125 y 130 días después de la siembra. Tiene una

alta respuesta a la fertilización y es exigente en cuanto a la fertilidad de los suelos y su manejo (MAG, 1991).

### **3.3.6. CR 1821**

Es susceptible a piricularia, pero con excelente capacidad de recuperación, susceptible a *Helminthosporium* y *Rhizoctonia*, pero resistentes a otras enfermedades que afectan el cultivo (MAG, 1991).

Algunos materiales como Tapuripa, Holland 5023 y algunas variedades americanas como Bluebonnet 50, Rexoro, Nira y Texas Patna, se cultivan en el país bajo un sistema de cultivo que puede considerarse como de subsistencia. Estas variedades no son recomendadas por su susceptibilidad a las enfermedades y al volcamiento; la Oficina de Semillas no las certifica (MAG, 1991).

## **3.4. Área de siembra de arroz (*Oryza sativa*) en la Región Huasteca Atlántica**

En la actualidad la región siembra más de 4.000 hectáreas al año, repartidas entre 105 productores, desglosados en la siguiente forma:

**Cuadro 2:** Área de siembra de arroz en la Región Huasteca Atlántica.2006.

Hectáreas	Cantidad de productores
0-10	62
10-50	30
50-100	10
100 en adelante	3
Total	105

**Fuente:** CONARROZ (2006).



### 3.5. Nematodos asociados al cultivo del arroz (*Oryza sativa*)

Investigaciones realizadas en Costa Rica han encontrado varios géneros asociados al cultivo de arroz, entre los que se menciona: *Meloidogyne* sp, *Helicotylenchus* sp, *Pratylenchus* sp, *Aphelenchoides* sp, *Aphelenchus* sp, *Xiphinema* sp, *Longidorus* sp, *Trichodorus* sp y otros. Para estos géneros los autores recomiendan realizar periódicamente diagnósticos de nematodos (Naranjo y Campos, 2005).

Según González (1978) en Costa Rica se han encontrado 12 géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo del arroz; pero solo se ha demostrado la patogenicidad de una especie no descrita de un nematodo formador de nódulos radicales, el cual es el nematodo cecidógeno del arroz *Hypsoperine* sp descrito por Figueroa (1973).

Sánchez y Salazar (1985) elaboraron un trabajo de reconocimiento de los nematodos parásitos del arroz en el sureste de Costa Rica, con el cual encontraron que *Helicotylenchus* sp, fue el nematodo más común en estos suelos; le siguieron en orden descendente *Criconemella anoensis*, *Tylenchorhynchus annulatus*, *Tylenchus* sp, *Pratylenchus zeae* y *Meloidogyne salasi*. En lo referente a los análisis de raíces, estos investigadores determinaron que únicamente *Pratylenchus zeae* y *Meloidogyne salasi* estaban presentes a nivel de raíces.

*Tylenchorhynchus annulatus* tuvo las densidades poblacionales más altas, mientras que *Helicotylenchus* sp fue la especie más frecuentemente presente en los campos arroceros del sureste costarricense (Sánchez y Salazar, 1985). Estos autores también mencionan que *Meloidogyne salasi* fue encontrado en altas densidades poblacionales, pero sólo en unas pocas fincas, por lo que podría ser catalogada como una plaga establecida. De igual forma, mencionan que esta especie también ha sido encontrada en Panamá; del mismo modo resaltan que esta especie no fue detectada por González (1978).

En este mismo estudio Sánchez y Salazar (1985) señalan mediante una observación adicional que el comportamiento de *Meloidogyne salasi* en áreas donde se encontraba agua encharcada, las densidades de esta especie fueron bajas o la misma no se encontraba presente, mientras que en otras partes de la finca no se exhibía este problema, las densidades eran altas. Estas observaciones de Sánchez y Salazar (1985) sugieren que un exceso de agua en el suelo podría limitar o impedir el establecimiento de *Meloidogyne salasi*. Estos datos concuerdan con observaciones previas de Manser (1968), quien informó que los nematodos formadores de agallas radicales son afectados por los suelos inundados.

### **3.5.1. *Helicotylenchus spp***

De todas las especies de *Helicotylenchus* identificadas, *H. dihystra* y *H. multicinctus*, son las que revisten la mayor importancia desde el punto de vista agrícola. Estas dos especies se alimentan de las raíces y tienen hábitos endo y ectoparasítico migratorio. *H. dihystra* es la más común en el mundo. Es cosmopolita, pero su posible efecto patogénico en cultivos no está claro (Crozzoli, 2002).

### **3.5.2. *Pratylenchus sp.***

Nematodo endoparásito migratorio conocido como nematodo lesionador. Es infectivo el segundo estado juvenil, la hembra y el macho. Los síntomas son: enanismo de la planta, alargamiento del ciclo vegetativo, reducción en tamaño y número de hojas, así como reducción de la vida productiva de la plantación.

En las raíces produce una lesión roja al penetrar la corteza de la raíz y en lesiones más viejas se tornan necróticas, negras o púrpura en el tejido epidermal y cortical, a menudo con ruptura de las raíces, permitiendo la invasión de otros microorganismos. El rizoma en su parte más externa también es invadido, observándose áreas necróticas que posteriormente mueren (Suárez y Rosales, 2004).

### **3.6. Otros nematodos relacionados al cultivo de arroz (*Oryza sativa*)**

#### **3.6.1. *Hirschmaniella orizae*:**

Es un nematodo muy abundante en los arrozales, pues la inundación del terreno es necesaria para que complete su ciclo (InfoAgro, 2002).

#### **3.6.2. *Ditylenchus angustus*:**

Este nematodo esta presente principalmente en arrozales de aguas profundas (InfoAgro, 2002).

#### **3.6.3. *Aphelenchoides besseyi*:**

Está presente en todos los ecosistemas del arroz, alimentándose de forma ectoparásita del meristemo apical del tallo. Seguidamente, emigra a la panícula en desarrollo, penetrando en las espiguillas antes de la antesis alimentándose de los ovarios y los estambres. Durante la maduración del grano, los nematodos entran en estado de anaerobiosis, pudiendo sobrevivir en los granos hasta más de tres años (InfoAgro, 2002).

#### **3.6.4. *Meloidogyne graminicola*, *M. incógnita*, *M. javanica* y *M. arenaria*:**

Estas son las especies más importantes de nematodos de raíz. Los síntomas incluyen clorosis, reducción de crecimiento, retraso en floración y aumento en el número de granos vacíos (InfoAgro, 2002).

*Meloidogyne spp* presenta una cabeza conoide con un estilete ligeramente largo, esbelto y nódulos regulares, también la glándula esofágica e intestino, presenta un traslape a diferentes lados, con una cola aguzada (Marbán y Morera, 1990).

### **3.6.5. *Pratylenchus indicus* y *Pratylenchus zae*:**

Estas especies causan lesiones en la raíz y son endoparásitos migratorios, que producen necrosis en las raíces, reduciendo como consecuencia la altura de las plantas y el número de hijos (InfoAgro, 2002).

El control que recomiendan algunos autores son:

- Eliminar los restos de cosechas anteriores.
- Tratar la semilla con agua caliente a 52-57 °C durante 15 minutos, después de haber remojado las semillas en agua fría durante 3 horas.
- La rotación de cultivos puede reducir notoriamente los niveles de población del parásito (InfoAgro, 2002).

### **3.7. Lista de todos los nemátodos asociados al cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en Costa Rica**

Según Fernández *et al.* (2002) los nematodos asociados al cultivo de arroz en Costa Rica son los siguientes:

- *Aphelenchoides besseyi*
- *Criconemella* spp.
- *Helicotylenchus* spp.
- *Hirschmaniella oryzae*
- *Longidorus* spp.
- *Meloidogyne arenaria*
- *Meloidogyne exigua*
- *Meloidogyne incognita*
- *Meloidogyne salasi*
- *Paratrichodorus* spp.
- *Pratylenchus zae*
- *Rotylenchulus* spp.
- *Trichodorus* spp.
- *Tylenchorhynchus* spp.
- *Xiphinema* spp.

### **3.8. Ciclo de vida de los nematodos**

Los huevos hacen la eclosión una a dos semanas después de haber sido puestos. El primero estado cambia dentro el huevo para producir el segundo estado que sale del huevo. El estado contagioso es alcanzado una o dos semanas después la eclosión. Una vez que la hembra penetra la raíz, necesita una o dos semanas para alcanzar la madurez. El macho que queda afuera de la raíz puede inseminar la hembra antes que su gónada sea madura y el esperma es almacenado en el espermateca. El número de hembras y machos es normalmente igual. Algunas poblaciones de nematodos reniformes se reproducen partenogenéticamente. Rápidamente después de la madurez de las gónadas, los huevos son fertilizados con el esperma y son después depositados dentro una matriz de gelatina que contiene 60 a 200 huevos. El ciclo de vida de ese nematodo es normalmente más corto que 3 semanas y depende de la temperatura del suelo. No obstante, puede sobrevivir a menos dos años en el ausento de un huésped en un suelo seco gracias a la anhydrobiosis, un mecanismo de sobre vivencia sin agua (Radewald y Takeshita, 1964).

### **3.9. Factores que afectan el desarrollo y reproducción de los nematodos**

Algunos autores citados por Jiménez (1991) nos dicen que las poblaciones de nematodos tienden a aumentar y a disminuir a través del tiempo y son afectados tanto en número como en comportamiento por una serie de factores. Entre los factores que afectan las poblaciones de nematodos están:

Las condiciones de clima y de suelo.

La fisiología de la planta.

La presencia de otros organismos y las variaciones patogénicas del nematodo.

### **3.9.1. Las condiciones de Suelo.**

Según Jiménez (1991) los principales factores del medio ambiente ( suelo ) que afectan a los nematodos son : humedad , temperatura, textura y constitución del suelo.

#### **3.9.1.1. Humedad en el suelo**

Cuando el contenido de agua en el suelo se limita a una película envolvente de las partículas de éste, es cuando se producen las mejores condiciones de humedad para la vida de los nematodos.

La sequía excesiva puede frenar o incluso matar al nematodo. Igual ocurre en el encharcamiento prolongado que por falta de oxígeno en el suelo se afecta el desarrollo de éste organismo. Probablemente el contenido de humedad óptimo de éste se encuentre entre el 40 y 80 por ciento de la capacidad de retención del suelo (Union Carabidae Agricultura).

#### **3.9.1.2. Temperatura**

La temperatura en el suelo tiene un importante impacto sobre los nematodos. Afecta las actividades como la puesta, reproducción, movimiento, desarrollo y supervivencia.

Casi todos los nematodos parásitos de las plantas se tornan inactivos en una gama de temperaturas bajas entre 5 y 15 °C, la amplitud óptima es de 15-30 °C y se vuelven inactivos a temperaturas de 30-40 °C. Las temperaturas por encima estos límites puede ser fatales (Jiménez ,1991). Sin embargo en un estudio de fluctuación poblacional de *Radopholus similis* realizado por Jiménez (1972), encontró que la temperatura del suelo a 30 cm de profundidad no juega un papel importante en las variaciones poblacionales.

#### **3.9.1.3. Tipo de Suelo**

Las actividades de los nematodos está relacionada con las características del suelo las cuales son: la granulometría, aireación, textura y características químicas no obstante al existir gran variación entre estos factores han

imposibilitado generalizar por lo cual no se puede establecer un tipo de suelo que sea ideal para todos los nematodos (Union Carabidae Agricultural).

Algunos suelos livianos son generalmente más favorables para el desarrollo de estos organismos, esto es debido probablemente porque los suelos más livianos tienen una mejor aireación al tener partículas más grandes.

En investigaciones realizadas por Reynolds y Sleeth (1955) encontraron que las poblaciones de *Medoloigyne javanica* eran extremadamente bajas en suelos de textura fina o arcillosas y más elevada en suelos de textura gruesa.

La velocidad de movimiento del nematodo dentro del suelo está relacionada con el diámetro de los poros, el tamaño de las partículas y el diámetro del nematodo. Los nematodos pueden moverse más libremente en suelos de partículas gruesas o arenosas (Nacional Academia of Science, 1978).

### **3.9.2. Las condiciones de clima**

Tanto la lluvia como la temperatura están vinculadas tanto en el crecimiento y desarrollo de nematodos como el de las plantas. A estos dos factores mencionados se vinculan con las fluctuaciones estacionales en las poblacionales de nematodos (Nacional Academia of Science, 1978).

Fernández y Ortega (1982) informan de una correlación positiva del 1 % (  $r = 0.63$  ) entre el movimiento poblacional de *R. similis* y la precipitación, también *Medaloigyne* manifestó tendencia a responder a la lluvia .

Hutton (1978), encontró en Jamaica que en plátano sólo los géneros *Rotylenchulus reniformes* y *Helicotylenchus sp* respondieron de una manera significativa a la lluvia. En suelos retenedores de agua (arcillosos) las poblaciones de estos nematodos aumentaron durante las primeras semanas de lluvia, pero conforme aumentaron el número de días y la cantidad de lluvias

las poblaciones bajaron, no así en suelos de textura limo arcillosa con buen desagüe en donde se obtuvo una correlación negativa.

Jiménez (1972), señala que las fluctuaciones poblacionales de los nematodos no pueden atribuirse a las lluvias como factor directo; más bien a los efectos que de su influencia se derive como puede ser la reducción de oxígeno disponible cuando el suelo se encuentra saturado o la incorporación al suelo de cantidades óptimas de humedad que benefician la reproducción de los nematodos y su movilización libre.

### **3.10. Condición Fisiológica del cultivo**

Debido a que los nematodos se alimentan de las raíces y algunos completan su ciclo dentro de ellas, cualquier factor que afecte la condición fisiológica de la planta probablemente afectará la densidad poblacional (Tarte, 1980). La condición fisiológica de la planta varía según su estado de desarrollo y de sus influencias ambientales (Reynolds y Sleeth, 1955)

Además de servir como fuente de alimentación a los nematodos, las plantas hospederas modifican el medio ambiente para cambiar su humedad, aumentar la cantidad de anhídrido carbónico disminuyendo el oxígeno y contribuyendo a modificar las sustancias orgánicas de la solución del suelo. Las exudaciones de sus raíces pueden estimular la reproducción o actuar como atrayentes de nematodos (Union Carabidae Agrícola, Sf ).

### **3.11. Distribución de los nematodos en el suelo.**

La distribución de los nematodos en el plano vertical de un terreno cultivado es generalmente irregular (Unión Carabidae Agrícola, Sf ).

En los suelos agrícolas el movimiento poblacional de los nematodos de cualquier especie parasitaria de las plantas, depende de su potencia reproductora, de la planta huésped y de la duración del período que el nematodo permanece en medio ambiente favorable para la reproducción. Los nematodos están concentrados en los primeros 25 – 50 cm de profundidad según el tipo de labranza y material utilizado (Montero, 1993).



### **3.12. Organismos biorreguladores de nematodos**

Kerry y Muller (1980) han informado que numerosos organismos del suelo atacan los nematodos, entre ellos los hongos y bacterias son los más conocidos, aunque también protozoos, insectos, ácaros, turbelarios, virus y nemátodos depredadores ejercen regulación bajo diferentes condiciones del ecosistema.

Los hongos nematófagos aparecen en todos los grupos fungos y están divididos en los que tienen estructuras adhesivas especializadas que capturan nematodos y otros que son productores de toxinas.

Los que poseen estructuras adhesivas "hongos atrapadores", tienen pocos atributos para un control biológico efectivo, ellos pueden ser útiles en ciertas situaciones, como en los invernaderos, donde el suelo es rutinariamente esterilizado y grandes cantidades de materia orgánica y de inóculos fungos pueden ser añadidos para proteger cosechas de alto valor. Debe señalarse que en Francia se comercializan dos productos a base de hongos atrapadores, *Arthrobotrys robusta* y *A. irregularis*, que han brindado buenos resultados en condiciones controladas, pero muy variables en otras condiciones (Stirling y Mankau, 1979).

Una serie de autores entre ellos, Rodríguez-Cabana (1984); Stirling y Mankau (1979), mencionan algunos hongos que parasitan huevos de nemátodos pueden limitar la multiplicación de estos en el campo. Entre estos hongos *Paecilomyces lilacinus* y *Verticillium clamydosporium* parecen ser los más adecuados para su desarrollo como biorreguladores.

### **3.13. Descripción de la Región Huetar Atlántica de Costa Rica**

La Región Huetar Atlántica limita al Este con el Océano Atlántico, al Norte con el río San Juan y al Sur con Panamá al Oeste limita con la Región Huetar Norte y con la Región Central Occidental y Oriental. La extensión en kilómetros cuadrados es de 9.188,53.

Limón es la ciudad más importante de esta región. Siquirres, Guápiles, La Rita y Cariari son otras ciudades importantes por población y por su actividad agropecuaria (MAG, 1997).

Esta región es considerablemente lluviosa, debido a la constante entrada de humedad transportada por vientos alisios desde el mar Caribe. La precipitación anual es de 3.525 milímetros a 5 m de altitud para la provincia de Limón (Mena, 2006). La Temperatura promedio de esta región, varía a lo largo del año entre los 25° C y 27° C en toda la costa (Mena, 2006).

La producción de la región es inminentemente agrícola. Destaca en este aspecto una mayor cultura hacia los cultivos de exportación. El banano es el principal producto, sin embargo existe una importante diversificación hacia actividades como plátano, palmito, raíces y tubérculos, flores y ornamentales, especies, cacao, granos básicos y ganadería (MAG, 1997).

Los cultivos mencionados a excepción del banano, son desarrollados con una gran participación de pequeños productores, lo cual confiere un gran carácter social a estas actividades.

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1. Ubicación de la investigación**

El estudio de diagnóstico se realizó en los meses de agosto y septiembre del 2006 en diversas fincas asociadas a la Corporación Arrocera Nacional ubicadas en la Región Huetar Atlántica de Costa Rica, Se abarcó el área de la Región Huetar Atlántica en donde prevalece el cultivo de arroz conformada por las comunidades de Matina, Batán, Siquirres de Limón, y Puerto Viejo de Sarapiquí. Esta región es considerablemente lluviosa, debido a la constante entrada de humedad transportada por vientos alisios desde el mar Caribe, por esto no se puede hablar de una estación seca bien definida. La precipitación anual es de 3.525 milímetros a 5 m de altitud para la provincia de Limón (Mena, 2006).

La Temperatura promedio de esta región, varía a lo largo del año entre los 25° C y 27° C en toda la costa, las temperaturas mínimas se producen durante los meses de diciembre a febrero con valores próximos a los 20° C, mientras los termómetros de máximas alcanzan hasta 31°C en los meses de mayo, junio y octubre que son los más cálidos (Mena, 2006).

Para el mes de agosto se reportó en la Estación Meteorológica la Hacienda El Carmen en Siquirres una temperatura promedio para la Región Caribe de 27,5 °C, con un mínimo de 23,8 °C y un máximo de 32,0 °C. Además la precipitación reportada para este mes fue de 354,7 mm (Sánchez, 2006a).

Para el mes de septiembre se reportó en la estación meteorológica La Hacienda El Carmen, en Siquirres una temperatura promedio para la región Caribe de 27,6 °C, con un mínimo de 22,4 °C y un máximo de 32,7 °C. Además la precipitación reportada para este mes fue de 173,5 mm (Sánchez, 2006b).

Los valores de horas de sol efectivos en la Vertiente del Caribe, fluctúan entre las 5.0 y 6.0 horas como promedio durante los días de enero y hasta mayo. El mes de julio es el que presenta mayor cobertura nubosa (producto del aceleramiento del viento alisios) y por lo tanto menor cantidad de horas de sol diarias (Mena, 2006).

#### 4.2. Población Estudiada

Se evaluaron 10 fincas productoras de arroz asociados a CONARROZ (cuadro 3), en los meses de agosto y septiembre del 2006, en donde el cultivo estaba finalizando el ciclo; para un total de 121 Ha al tomar en estas 19 muestras de raíz y 19 muestras de suelo del cultivo en estudio. El número de fincas muestreadas fue determinado por la Corporación Arrocera Nacional.

**Cuadro 3:** Datos de la población de arroz estudiada en la Región Huetar Atlántica de Costa Rica.2006.

CODIGO Finsa	UBICACIÓN	NÚMERO MUESTRAS	Hectáreas	Variedad
F1ZA	Matina, Limón	3	10	CR 4477
F2ZA	Batán, Limón	2	10	CR 4477
F3ZA	Batán, Limón	2	6	CR 4477
F4ZA	Batán, Limón	2	5	CR 4477
F5ZA	Batán, Limón	2	6	CR 4477
F6ZA	Siquirres, Limón	2	10	CR 4477
F7ZA	Siquirres, Limón	2	9	SENUMISA 2
F8ZA	Siquirres, Limón	2	40	CR 4477
F9ZA	Puerto Viejo de Sarapiquí	1	9	SENUMISA 3
F10ZA	Puerto Viejo de Sarapiquí	1	16	FEDEARROZ 50
Total	10 fincas arroceras	19 muestras	121 hectáreas	

#### 4.3. Toma de muestras para el Arroz.

En cada finca se tomaron cuatro plantas de arroz al final del ciclo productivo, las cuales fueron colectadas al azar en cada arrozal. De estas plantas, se colectó el total de las raíces así como el suelo adherido a las raíces. Las mismas fueron trasladadas al laboratorio para su posterior procesamiento.

#### 4.4. Análisis de muestra en Laboratorio

Las muestras obtenidas en campo fueron transportadas para su análisis al laboratorio de Nematología de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede San Carlos para realizar los procedimientos de extracción e identificación, que fueron los siguientes:

##### 4.4.1. Muestras de Raíces

Se lavaron las raíces, se pesaron 25 gramos de raíces funcionales y se cortaron en trozos pequeños de aproximadamente 1 cm. Estos fueron

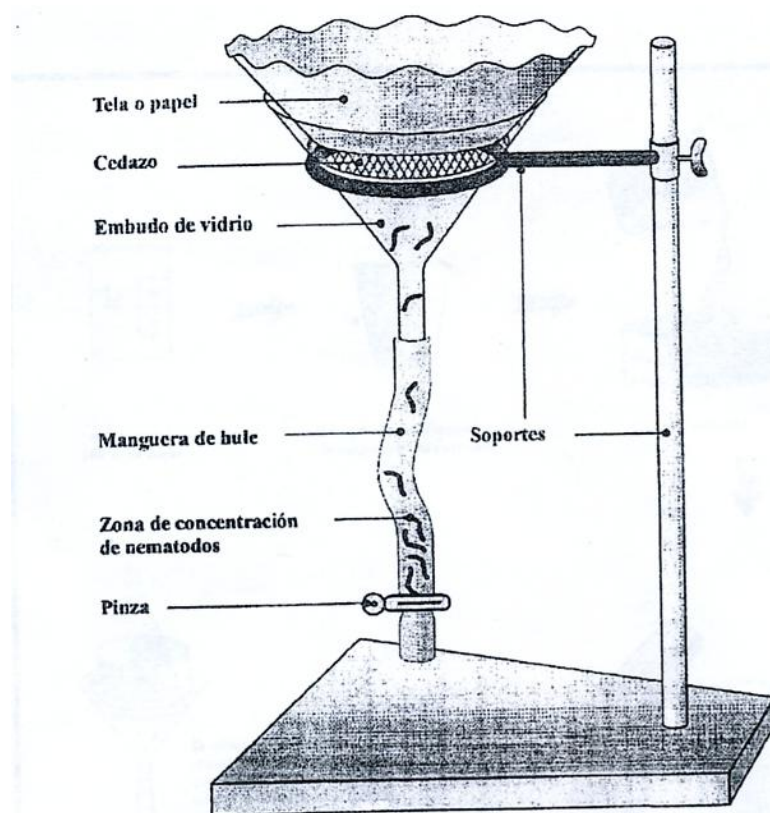
procesados por el método de Licuado-tamizado-centrifugado en solución azucarada como se describe a continuación: la raíz se licua en 50 ml de agua durante dos fases ,15 segundos a velocidad baja y 15 segundos a velocidad alta, luego se pasa por un juego de cribas superpuesto de 35, 170 y 400 mallas, el material obtenido en la criba de 400 mallas se pasa a un beaker con la ayuda de una piceta para evitar pérdidas de nematodos. Esta solución se homogeniza y pasa a tubos de centrifugación donde se centrifuga durante cinco minutos a 3000 rpm para después eliminar el sobrenadante con residuos orgánicos (los nematodos se van al fondo), después se volverán a llenar los tubos con solución azucarada 1 M (454 g / litro) para realizar una segunda centrifugación a 3000 rpm por cinco minutos, con esto los nematodos flotan en la solución azucarada la cual se vierte en el tamiz de 400 mallas el cual se lava para eliminar el azúcar, por último se recolectarán los nematodos del tamiz, en un recipiente, para su observación.

El conteo se realizó aforando a 40 ml la solución obtenida del último tamiz y homogenizando esta solución de donde reobtuvo una alícuota de 3 ml la cual se vertió en un porta objetos especial, para contar nematodos marcado con una cuadrícula que equivale a contar la mitad del volumen en este caso 1.5 ml. Después se realizó la identificación con la ayuda de claves taxonómicas de Mai y Lyon (1960), el manual de Fitopatología de Zuckerman *et al.* (1990), Manual de identificación de géneros de nematodos Importantes en Costa Rica de Esquivel (2005). Se realizaron tres conteos por muestra para obtener después un promedio.

#### **4.4.2. Muestras de suelo**

La extracción de nematodos de suelo se realizó mediante la técnica del embudo de Baermann modificado (Esquivel, 2005), esta técnica la podemos apreciar en la Figura 1. Las muestras de suelo provenientes de campo se homogenizaron y se eliminaron las raíces, y piedras, se pesaron 30 gramos los cuales se cuelan en un papel filtro, y después en un embudo previamente preparado que consiste en un embudo de plástico el cual tiene una manguera adherida a la parte inferior del embudo y en el cual colocamos un vial para recoger los nematodos. A la muestra se le adicionó agua hasta un centímetro

abajo de la parte superior del embudo y se deja reposar durante al menos 72 horas. Después de este periodo se recoge el vial que contenía aproximadamente 5 ml de solución, de donde se homogenizó y se tomó una alícuota de 3 ml, el conteo e identificación se realizó de igual forma para la muestra de raíz.



**Figura 1:** Técnica del Embudo de Bearmann empleado para la extracción de nematodos presentes en suelo (Esquivel, 2005).

#### 4.5. Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron, géneros de nematodos según Zuckerman *et al.* (1990) y densidades de nematodos presentes en suelo y en raíz según las técnicas de extracción de nematodos de Esquivel (2005) aplicadas al cultivo de arroz en la Región Huetar Atlántica de Costa Rica.

#### 4.6. Análisis de datos

Los géneros y densidades presentes fueron analizados por medio de estadística descriptiva (Promedios generales y frecuencias absolutas de nematodos).

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Géneros de Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de arroz (*Oryza sativa*)

De acuerdo al diagnóstico realizado los principales géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de arroz la Región Huetar Atlántica de Costa Rica en orden de importancia (descendente) son: *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Tylenchus*, *Helicotylenchus* y *Criconemella*. Estos géneros se pueden apreciar en la Figura 2.

Según López *et al.* (1987) nos dice que es posible que en una zona determinada otro u otros nematodos sean tan o más importantes que los nematodos encontrados en esta zona.

Según López *et al.* (1987) el efecto dañino de estos nematodos en arroz no ha sido demostrado bajo condiciones locales, por lo que darles una calificación como la anterior podría cambiar en un futuro cercano. Por lo cual este autor nos propone que se deberían realizar pruebas de patogenicidad de estos nematodos en arroz, con el fin de precisar su potencial destructivo en este cultivo.



*Meloidogyne* spp. a 10 X



*Pratylenchus* spp. a 10 X



Fuente: <http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/images/G138a.jpg>  
*Tylenchorhynchus* spp.



*Tylenchus* spp. a 10 X



*Helicotylenchus* spp. a 10 X



*Criconemella* spp. a 10 X

**Figura 2:** Géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en la Región Huasteca Atlántica. 2006.



## **5.2. Frecuencia de presencia de nematodos fitoparásitos en raíz, suelo y ambos asociados al cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en la Región Huetar Atlántica de Costa Rica**

Las frecuencias de los nematodos encontrados en las raíces, cabe destacar a *Pratylenchus spp* y *Meloidogyne spp* con frecuencias de 94,74 % y 84,21 % de las muestras. Los otros 2 géneros *Helicotylenchus spp* y *Criconemella spp* tuvieron frecuencias menores al 10 % (Figura 3).

En lo referente al suelo cabe destacar a *Meloidogyne spp*, *Pratylenchus spp*, *Tylenchorhynchus spp.*, *Tylenchus spp.*, *Helicotylenchus spp* y *Criconemella spp*, con frecuencias de 89,74, 63,16, 42,11, 15,79, 21,05, 10,53 % respectivamente.

En cuanto a frecuencia en raíz más suelo se nota en la Figura 3 que el nematodo de mayor frecuencia es *Pratylenchus spp* (94,74%).

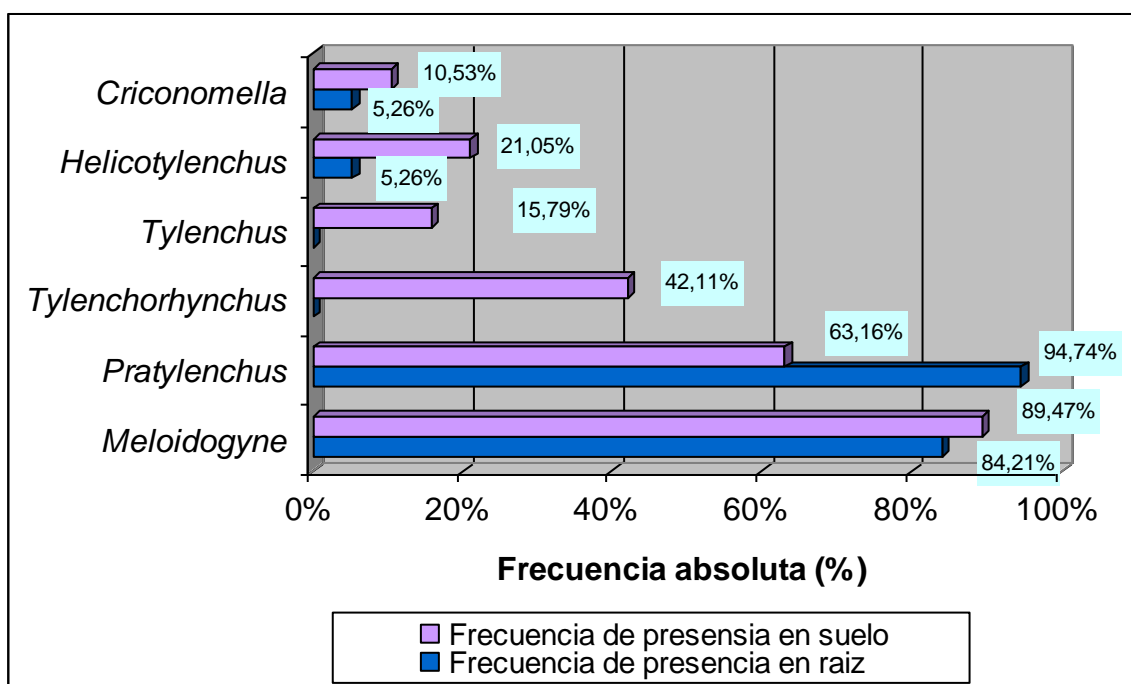
El género *Pratylenchus* presentó la mayor frecuencia en la raíz del cultivo de arroz con un 94,74% (Figura 3) y esto se debe a que según Crozzoli (2002) los nematodos que pertenecen a este género son endoparásitos migratorios por lo tanto su frecuencia en el suelo es menor. Este comportamiento se logra apreciar en la figura 3 en donde es el género de *Meloidogyne* es el que presenta mayor frecuencia en el suelo al compararlo con el género *Pratylenchus*. Según López *et al.*(1987) nos dice que esta especie es el endoparásito migratorio de mayor distribución geográfica y el que aparece asociado al cultivo con mayor frecuencia lo cual se logra apreciar en los resultados de esta investigación y este autor nos menciona que este nematodo es una de las plagas más conocidas en el arroz.

El género *Tylenchorhynchus* tuvo una frecuencia de 42,11 % en suelo, este comportamiento de la presencia de este género en el suelo se puede justificar debido a que *Tylenchorhynchus* se alimenta de las raíces y son de hábito ectoparasítico migratorio; entre ellos el nematodo *T. annulatus* es

muy común en las regiones tropicales y subtropicales y es patogénica en el cultivo de arroz (Crozzoli, 2002).

El género *Tylenchus* tuvo una frecuencia en el suelo de 15,72 %, pero según algunos autores citados por López *et al.* (1987) este género no es considerado importante dado a que generalmente se les cataloga como nematodos no patogénicos.

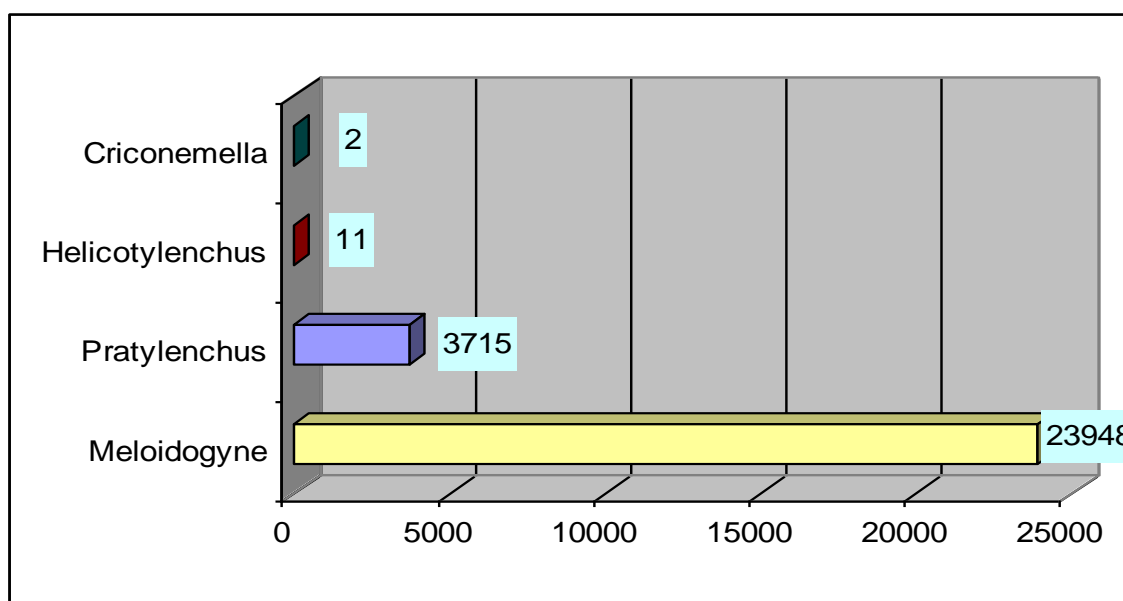
Otros nematodos asociados al arroz como lo son *Criconomella spp.* y *Helicotylenchus spp.*, en la Región Huastla Atlántica pareciera no tener importancia debido a que aparecieron con frecuencias bajas.



**Figura 3:** Frecuencia de presencia de nematodos fitoparásitos en raíz y suelo asociados al cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en la Región Huastla Atlántica.2006.

### 5.3. Densidades promedio de nematodos fitoparásitos presentes en 100 g. de raíz en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en la Región Huetar Atlántica de Costa Rica

El género *Meloidogyne* es el que presentó mayor densidad en raíz con 23.948 nematodos en 100g. de raíz (Figura 4). Esta representado por *Meloidogyne salasi* y *Meloidogyne spp*; en donde *M. salasi* podría ser considerada la especie más importante debido a que esta comprobado su efecto detrimental en el cultivo de arroz (Sancho *et al.*, 1987). Algunos autores citados por López *et al.* (1987), informaron que en 1980 ya existía presencia de *M. salasi* en el Pacífico Sureste por lo que la consideraron como una plaga establecida para esa región y estaba presente en altas densidades. Por lo tanto podemos ver que esta especie se ha diseminado a regiones como lo es a la Región Huetar Atlántica atribuyéndose su diseminación por la falta de limpieza y desinfección de maquinaria agrícola que haya sido usada en terrenos infestados, previo a su utilización en terrenos libres de este nematodo lográndose de está forma la diseminación a nuevas áreas productoras de arroz de Costa Rica (López *et al.*, 1987).



**Figura 4:** Densidad promedio de nematodos fitoparásitos presentes en 100 g. de raíz en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en la Región Huetar Atlántica de Costa Rica.

#### **5.4. Densidad promedio de nematodos fitoparásitos presentes en 100 g. de Suelo en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en la Región Huetar Atlántica de Costa Rica.**

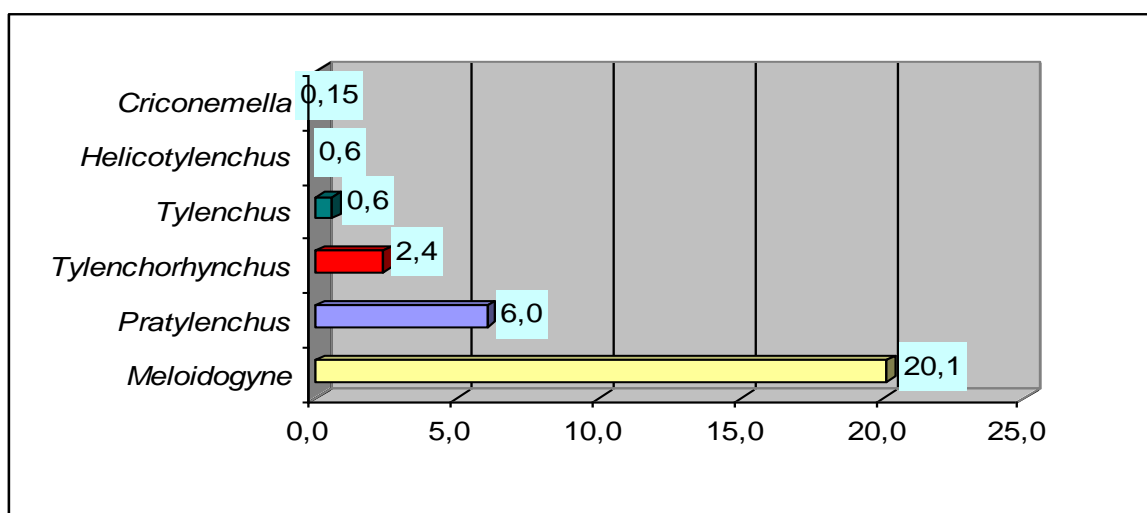
La Figura 5 muestra que la población de *Meloidogyne spp* es la más alta con 20,1 en 100 g. de suelo. Seguida por la población de *Pratylenchus spp* con 6, *Tylenchorhynchus sp* 2,4, *Tylenchus* 0,6 y *Helicotylenchus* 0,6 en 100 g. de suelo.

El género de *Meloidogyne* es el que presentó la mayor densidad en el suelo (20,1 nematodos/100 g. suelo), esta especie de nematodo es endoparásito migratorio de mayor distribución geográfica y el que aparece asociado al cultivo con mayor frecuencia (López *et al.* 1987).

El género *Pratylenchus* presentó menor población en suelo que *Meloidogyne* y esto se debe los nematodos que pertenecen a este género son endoparásitos migratorios por lo tanto su densidad en el suelo es menor (Crozzoli, 2002).

El género *Tylenchorhynchus* tuvo una densidad 2,4 nematodos por cada 100 g. de suelo, este comportamiento de la presencia de este género en el suelo se puede justificar debido a que *Tylenchorhynchus* se alimenta de las raíces y son de hábito ectoparasítico migratorio (Crozzoli, 2002).

Otros nematodos asociados al arroz como lo son *Tylenchus spp*, *Criconemella spp.* y *Helicotylenchus spp.* presentaron densidades muy bajas en el suelo cultivado de arroz en la Región Huetar Atlántica (Figura 5), por lo tanto se consideran de menor importancia en comparación con los nematodos que presentaron mayores densidades.



**Figura 5:** Densidad promedio de nematodos fitoparásitos presentes en 100 g. de suelo en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en la Región Huetar Atlántica.2006.

### 5.5. Comparación de dos sistemas de producción de arroz (*Oryza sativa*): MAP (Manejo de Alta Productividad) y Convencional (tradicional) en la Región Huetar Atlántica de Costa Rica

En las Figuras 6 y 7 se logra notar que en el tratamiento MAP (manejo de alta productividad) tiene una mayor densidad de nematodos fitoparasíticos del género *Meloidogyne* y *Pratylenchus* comparado con las densidades presentes en el manejo convencional del cultivo de arroz (*Oryza sativa*).

Se debe tener presente que el manejo de alta productividad (MAP) es el sistema de producción de arroz en el cual se da una aplicación distinta de los fertilizantes requeridos por el cultivo de arroz y la forma de aplicación de los fertilizantes se da en tres etapas de la siguiente manera: el 33% de N y el 100%  $P_2O_5$  a la siembra, en una segunda fertilización se aplica 50 % de  $K_2O$  y 33 % de N, y en una tercera aplicación de fertilizantes se aplica el 50 % de  $K_2O$  y el 34 % de N (Comunicación Personal).<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Arce, O. 2006. CONARROZ (Corporación Arrocera Nacional). Comunicación Personal.

El comportamiento de la densidad de nematodos en ambos tratamientos (MAP y Convencional) se pueden deber a la constitución química del suelo, en donde algunos componentes del suelo como lo son: el contenido de materia orgánica, la salinidad y el pH, entre otros, pueden influir en las actividades de los nematodos; pues los diferentes factores edáficos están interrelacionados (Esquivel, 1996).

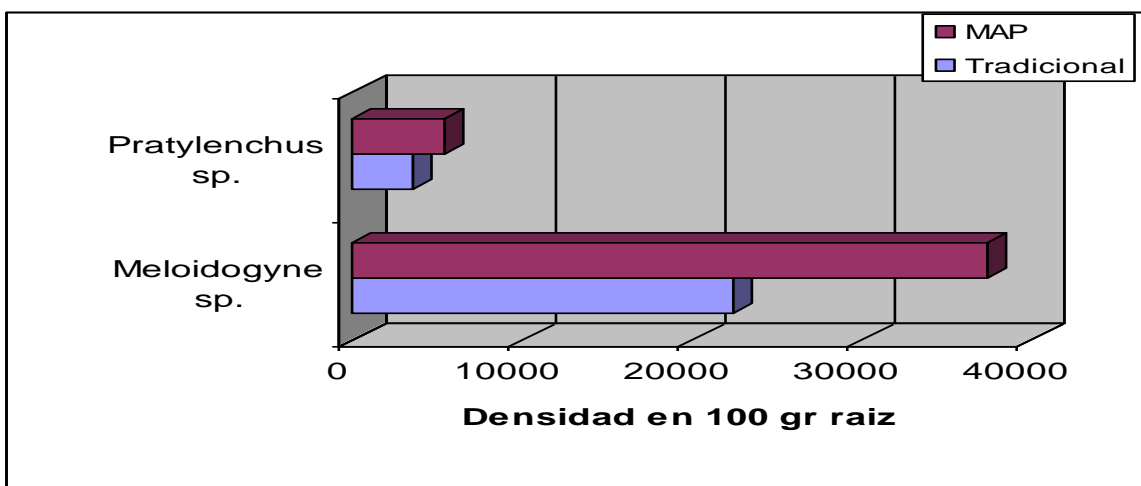
La aplicación de fertilizantes, especialmente en suelos secos crea altas presiones osmóticas que pueden alterar el comportamiento de *Meloidogyne sp.* Se ha determinado que los nematodos tienen la capacidad de tolerar al menos por cortos periodos presiones osmóticas hasta de 10 atmósferas que es mucho más de lo que existe en la mayoría de los suelos agrícolas (Esquivel, 1996).

Nematodos como *Meloidogyne sp.*, tienen la capacidad de sobrevivir y reproducirse sobre un ámbito de valores de pH, entre 4 y 8, estos valores fluctúan con cambios en la humedad y salinidad del suelo (Esquivel, 1996).

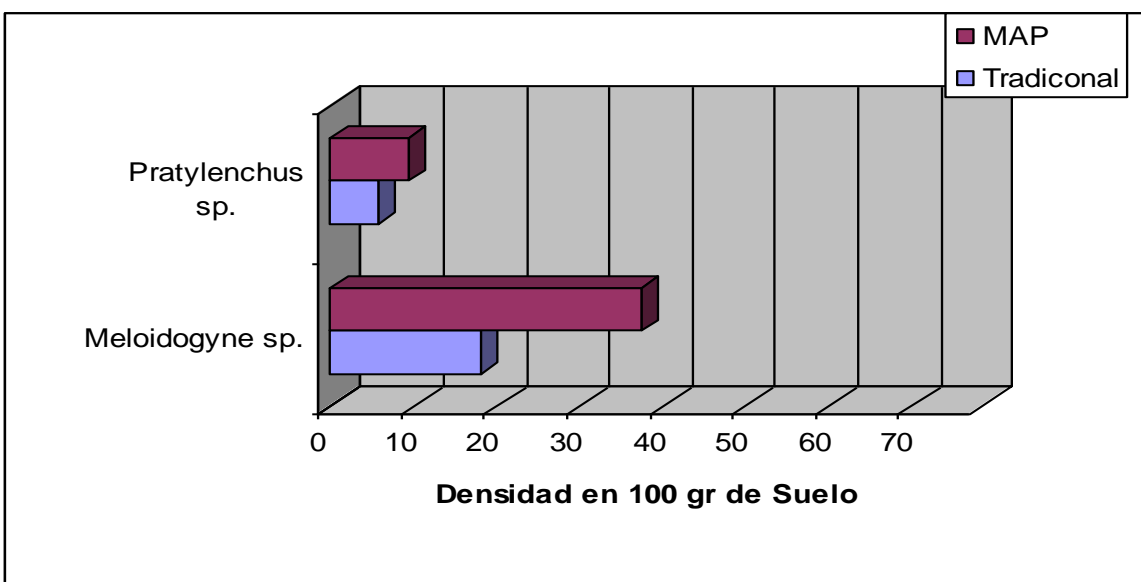
Se ha demostrado en algunas investigaciones que las densidades de *Pratylenchus penetrans* fueron bajas donde las concentraciones de calcio excedieron los 20 cmol/ kg, mientras que la capacidad efectiva de intercambio catiónico influyó en las densidades de *Tylenchus mauis* y *Criconebella sp* (Esquivel, 1996).

Otros factores que pueden influir en la densidad de nematodos presentes en el tratamiento MAP (Manejo de Alta Productividad) y en el manejo convencional del cultivo de arroz (*Oryza sativa*) son la densidad de siembra empleada, en donde en el MAP se utilizaron 125 Kg. de semilla por hectárea y en el manejo convencional 90 Kg. de semilla por hectárea; además la variedad empleada en el MAP fue Senumisa 2 y en el convencional fueron empleadas las variedades Senumisa 3, CR 4477, CR 2515 y Fedearroz 50.

Se debe de tener presente que los nematodos se alimentan de las raíces y algunos completan su ciclo dentro de ellas, cualquier factor que afecte la condición fisiológica de la planta probablemente afectará la densidad poblacional (Tarte, 1980).



**Figura 6:** Densidad de nematodos fitoparásitos presentes en 100 g. de raíz en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en el tratamiento MAP y Tradicional en la Región Huastla Atlántica.2006.



**Figura 7:** Densidad de nematodos fitoparásitos presentes en 100 g. de suelo en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en el tratamiento MAP y Tradicional en la Región Huastla Atlántica.2006.

## 6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo se puede concluir lo siguiente:

- Los géneros encontrados asociados al cultivo de arroz en la Región Huetar Atlántica de Costa Rica son: *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Tylenchus*, *Helicotylenchus* y *Criconemella*.
- *Meloidogyne spp*, es el nematodo que presenta las mayores densidades poblacionales 23.948 nematodos para 100 g. de raíz y 20,1 en 100 g. de suelo y la más alta frecuencia (89 %) en el suelo por lo que puede ser considerado el nematodo de mayor importancia en la Región Huetar Atlántica de Costa Rica para el cultivo de arroz.
- *Pratylenchus spp*, presentó la mayor frecuencia en raíz (95 %).
- El género *Tylenchorhynchus* tuvo una densidad de 2,4 nematodos por cada 100 g. de suelo y una frecuencia de 42 %.
- El género *Tylenchus* se encuentra en baja frecuencia (15,72 %) y densidad (0,6 nematodos/100 g. suelo) por lo que no se considera como un problema dentro del cultivo debido a que este género de nematodos es considerado generalmente como no patogénicos.
- La finca MAP (manejo de alta productividad) presentó mayor densidad de nematodos en raíz y suelo en comparación con el promedio de densidades de nematodos presentes en las otras finca muestreadas.
- *Criconemella spp*, y *Helicotylenchus spp*, se encuentran en bajas frecuencia (5% ambos) , en bajas densidades poblacionales en 100 g. de suelo (0,15 y 0,6 respectivamente) y en bajas densidades poblacionales en 100 g. de raíz (2 y 11 respectivamente), por lo que no se consideran como un problema dentro del cultivo de arroz en la Región Huetar Atlántica de Costa Rica.



## **7. RECOMENDACIONES**

De acuerdo a los resultados y conclusiones obtenidos en este trabajo se puede recomendar lo siguiente:

- Realizar estudios para determinar el efecto de los géneros de nematodos encontrados en el cultivo de arroz en la Región Huetar Atlántica con respecto a la pérdida de rendimiento por hectárea del cultivo de arroz.
- Determinar la dinámica poblacional por género en la Región Huetar Atlántica de Costa Rica para definir las épocas de aplicación más adecuadas de nematicidas y así mismo buscar opciones de control biológico de nematodos para disminuir la aplicación de productos químicos al cultivo, disminuyéndose de esta manera los costos de producción y contaminación del medio ambiente.
- Realizar estudios específicos para determinar si el tratamiento MAP aumenta o tiene un efecto positivo en las densidades de nematodos en raíz y suelo en el cultivo de arroz en la Región Huetar Atlántica de Costa Rica.
- Desarrollar un diagnóstico en fincas o parcelas en donde la aplicación de nematicidas sea escasa o nula para determinar de esta manera los umbrales económicos posibles de algunos géneros de nematodos asociados al cultivo de arroz.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Aragón, M. 1991. **Determinación de géneros y densidades poblacionales de nematodos asociados a la pimienta negra (*Pipiper nigrum*) en dos zonas de la Región Huetar Norte**. Informe Bach. Ing. Agr. San Carlos, Costa Rica. ITCR.
2. Chandler, R. 1984. **Arroz en los trópicos**. San José, CR. IICA. 304 p.
3. Chávez, G. 1992. **El cultivo del arroz**. Curso de Granos Básicos. San Carlos, C.R., ITCR. 50 p.
4. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 1985. **Arroz: Investigación y Producción**. Cali, CO. p. 90 – 96.
5. CONARROZ (Corporación arroceras Nacional). 2004. **Informe Anual Estadístico 2002/2003**. San José, CR. 63 p.
6. CONARROZ (Corporación Arroceras Nacional). 2006. **Región Huetar Atlántica**. Consultado el 22 Jun 06. Disponible en: <http://www.conarroz.com/>
7. Crozzoli, R. 2002. **Especies de nematodos fitoparasíticos en Venezuela**. (en línea). jul. 2002, vol.27, no.7 p.354-364. Consultado el 25 Set 06. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S037818442002000700004&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037818442002000700004&lng=es&nrm=iso). ISSN 0378-1844
8. Datta, S. 1986. **Fertilización del arroz, fundamentos y prácticas**. México, DF. s.e. 72 p.
9. DGETA (Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria). 1982. **Arroz: Manuales para Educación Agropecuaria**. Churubusco, México. 62 p.
10. Esquivel, A. 1996. **Influencia del suelo sobre las poblaciones de nematodos**. X Congreso Nacional Agronómico. II Congreso de Suelos. San José, Costa Rica.
11. Esquivel, A. 2005. **Algunas Técnicas de Extracción de Nematodos**. Escuela de Ciencias Agrarias, Nematología. Universidad Nacional de Costa Rica. 22p.
12. Fernández, M; Ortega, J.1982. **Comportamiento de las poblaciones de nematodos fitoparásitos en plátano enano Cavendish**. Ciencias de la Agricultura, 13:7-17.

13. Fernández, O; Quesada, A; Perlaza, F. 2002. **Principales nematodos asociados a los cultivos de Costa Rica** (en línea). Ministerio de agricultura y ganadería servicio fitosanitario del estado diagnóstico fitosanitario. San José, Costa Rica. Consultado el 23 Jun 06. Disponible en: <http://www.protecnet.go.cr/plagas/listanematodos.htm>
14. Figueroa, A. 1973. **Estudio morfométrico y biológico sobre el nematodo cecidógeno del arroz *Hypsoperine* sp. (Nematoda: Heteroderidae) y pruebas de susceptibilidad al mismo de once variedades y una línea de arroz (*Oryza sativa* L.).** Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, 51p.
15. Fortuner, R; Merny, G. 1979. **Root-parasitic nematodes of rice.** Rev. Nematol. 2(1):79-102.
16. González, L. 1978. **Nematodos fitoparásitos asociados con la rizosfera de arroz y maíz en varias zonas agrícolas de Costa Rica.** Agronomía Costarricense 2(2): 171-173.
17. Grist, D. 1982. **Arroz.** México, DF, Editorial Continental. 715 p.
18. Hutton, D. 1978. **Influence on rainfall on some plantain nematodes in Jamaica.** Nematropica. 8(2):34-39.
19. InfoAgro (Información técnica agrícola). 2002. **El cultivo del arroz.** Consultado el 11 de octubre del 06. Disponible en: <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>
20. Jennings, P; Coffman, W; Kauffman, H. 1981. **Mejoramiento de arroz.** Cali, CO, CIAT. 237 p.
21. Jennings, P. 1985. **El mejoramiento del arroz.** Investigación y Producción. Cali, CO, CIAT. p. 205 – 235.
22. Jiménez, M. 1972. **Fluctuaciones anuales de la población de *Radopholus similis* en la zona bananera de Pocosí, Costa Rica.** Nematropica. 2(2):33-40.
23. Jiménez, A. 1991. **Determinación de la Densidad poblacional de Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo del Plátano (*Musa AAB*) en La Región Huetar Norte.** Informe Bach. Ing. Agr. San Carlos, Costa Rica. ITCR. 53p.
24. Kerry, B; Muller, L. 1980. **Fungal parasites of some plant parasites nematodes.** Nematropica.

25. López, R; Salazar, L.; Azofeifa, J. 1987. **Nematodos asociados al arroz (*Oryza sativa* L.) en Costa Rica. V. Frecuencia y densidades poblacionales en las principales zonas productoras.** Agronomía Costarricense. 11(2):215-220
26. Mai, W F.; Lyon, HH. 1960. **Pictorial key to genera of plant-parasitic nematodes.** Edit: Comstock Publishing Associates.
27. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 1991. **Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica** (en línea). Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. 1991. Consultado 22 Jun 06. Disponible en: [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual/ciencia/tec\\_arroz.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual/ciencia/tec_arroz.pdf)
28. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 1997. **Descripción de la Región Huetar Atlántica** (en línea). Memoria 1997. pag 52. Consultado el 07 Dic 06. Disponible en: [http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/memoria\\_97\\_III\\_reg\\_atlantica.pdf](http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/memoria_97_III_reg_atlantica.pdf)
29. Manser, P. 1968. ***Meloidogyne graminicola*: a cause of root-knot of rice.** F.A.O. Plant Protection Bulletin 16 (1):11.
30. Marban, M; Morera, G. 1990. **II Curso Regional de Fitonematología.** AID-ROCAP. CATIE (Centro Agronómico Tropical de investigación y enseñanza). Turrialba, Costa Rica. 70p.
31. Mena, M. 2006. **Clima de Costa Rica** (en línea). Consultado el 23 Jun 06. Disponible en: <http://www.imn.ac.cr/educa/clima/clima%20en%20costa%20rica.htm>
32. Monge, L. 1987. **Cultivo de Arroz.** San José, CR, EUNED. 145 p.
33. Montero, E. 1993. **Dinámica poblacional de nematodos utilizando diferentes materiales de siembra en plátano (*Musa AAB*).** Informe Bach. Ing. Agr. San Carlos, Costa Rica. ITCR. 57p.
34. Murillo, J. 1982. **Manual de Producción de Arroz de Secano en Costa Rica.** 2 ed. Compañía Costarricense de Café. San José, CR. 115 p.
35. Nacional Academia of Science. 1978. **Control de nematodos parásitos de plantas.** Limusa, México. 209 p.
36. Naranjo, R y Campos, J. 2005. **Diagnóstico de nematodos fitoparásitos en el cultivo de arroz, en tres zonas productoras, pacífico centrales, Región Brunca y Región Chorotega de Costa Rica.** INTA (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria). Costa Rica.

37. Radewald, J. D; Takeshita, G. 1964. **Desiccation studies on five species of plant-parasitic nematodes of Hawaii**. *Phytopathology* 54: 903-904.
38. Ramírez, J. 2001. **Comportamiento Agronómico, Productivo e Industrial de Arroz (*Oryza sativa*) Variedad SETESA-9 en La Vega, San Carlos, Costa Rica**. Informe Bach. Ing. Agr. San Carlos, Costa Rica. ITCR. 69p.
39. Reynolds, W; Sleet, B.1955. **Root knot nematode infestation as influenced by soil texture**. *Soil Science*. 80:459-461.
40. Rodríguez-Cabana, R. 1984. **Effectiveness of species of *Gliocadium*, *Paecilomyces* and *Verticillium* for control of *Meloidogyne arenaria* in field soil**. *Nematropica*, 14(2): 155-170.
41. Ruiz, S. 1983. **Prueba de adaptabilidad, rendimiento en granza, calidad molinera y culinaria de variedades y líneas promisorias de arroz (*Oryza sativa* L.)**. Tesis, Licenciatura en Agronomía. Guanacaste, CR, UCR. 74 p.
42. Salazar, L. 2003. **Evaluación de Productos Nematicidas Convencionales y Biológicos en el cultivo del arroz cv. cr 4102 en la Región Brunca de Costa Rica** (en línea). Consultado el 22 Jun 06. Disponible en: <http://www.novasilos.com/conarroz.com/www/pdf/Informe%20Final%20nematico%20convenc%20PI.pdf>
43. Sánchez, C; Salazar, L. 1985. **Nematodos parásitos del arroz (*Oryza sativa* L.) en el sureste de Costa Rica**. *Agronomía Costarricense* 9(2): 161-163.
44. Sánchez, M. 2006a. **Boletín Meteorológico XXXI Agosto del 2006** (en línea). Instituto Meteorológico Nacional. Año 2006. Disponible en: <http://www.imn.ac.cr/boletin/met/BOLETIN%20METEOROLOGICO%20AGOSTO-2006.pdf>
45. Sánchez, M. 2006b. **Boletín Meteorológico XXXI Setiembre del 2006** (en línea). Instituto Meteorológico Nacional. Año 2006. Disponible en: <http://www.imn.ac.cr/boletin/met/BOLETIN%20METEOROLOGICO%20SETIEMBRE-2006.pdf>
46. Sancho, C; Salazar, L; López, R. 1987. **Efecto de la densidad inicial del inóculo sobre la patogenicidad de *Meloidogyne salasi* en tres cultivares de arroz**. *Agronomía Costarricense* 11(2):233-238
47. Stirling, G. y Mankau, R. 1979. **Mode of parasitism of *Meloidogyne* and others nematode eggs by *Dactylella oviparasitica***. *Journ. of Nematology*, 69: 806-809.

48. Suárez, H; Rosales, L. 2004. **Problemas nematológicos en musáceas.** Revista Digital CENIAP HOY Número 6, septiembre-diciembre 2004 (en línea). Maracay, Aragua, Venezuela. Consultado 20 jun. 2006. Disponible en: [www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n6/arti/suarez\\_z/arti/suarezz.htm](http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n6/arti/suarez_z/arti/suarezz.htm)
49. Tarte, R. 1980. **La importancia del conocimiento de la biología y comportamiento de los nematodos parásitos del banano en el desarrollo de nematodos eficientes de control.** Proyecto UNCTAD/PNUD/UPEB.16p.
50. Tinareli, A. 1989. **El Arroz.** Madrid, España. Mundi Prensa. 575 p.
51. Union Carabidae Agrícola. Sf. **Los nematodos y su control.**39p.
52. Universidad de Filipinas, 1975. **Cultivo del Arroz.** Manual de Producción. México, LIMUSA. 426 p.
53. Zuckerman, B M. ; Mai, W F. ; Krusberg, L R. 1990. **Plant Nematology Laboratory Manual.** Traducido y editado al español por Nahum Marban Mendoza.Universidad autónoma de Chapingo.Mexico.

## 9. ANEXOS

**Cuadro 1A:** Géneros y densidades de nematodos encontrados en 100 gramos de raíz para las fincas muestreadas en la Región Huasteca Atlántica.2006.

	<b>Nematodos en 100 g. de Raíz</b>			
<b>Código de finca</b>	<i>Meloidogyne spp.</i>	<i>Pratylenchus spp.</i>	<i>Helicotylenchus spp.</i>	<i>Crictonemella spp.</i>
F1ZA150806AM1	0	107	0	0
F1ZA150806AM2	0	0	0	0
F2ZA150806A	1316	2311	0	0
F3ZA150806A	0	1031	0	0
F4ZA150806A	12231	2951	0	0
F5ZA150806A	21404	604	213	36
F6ZA150806A	15893	2169	0	0
F7ZA150806A	22969	3911	0	0
F1ZA190906A	853	2133	0	0
F2ZA190906A	36836	19307	0	0
F3ZA190906A	2062	2418	0	0
F4ZA190906A	62536	7843	0	0
F5ZA190906A	68741	4504	0	0
F6ZA190906A	42418	2169	0	0
F7ZA190906A	162204	7787	0	0
F8ZA190906AM1	2916	3236	0	0
F8ZA190906AM2	1209	1209	0	0
F9ZA190906A	1102	2667	0	0
F10ZA190906A	320	4231	0	0
<b>Promedio</b>	<b>23948</b>	<b>3715</b>	<b>11</b>	<b>2</b>
<b>Máximo</b>	<b>162204</b>	<b>19307</b>	<b>213</b>	<b>36</b>
<b>Mínimo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Cuadro 2A:** Géneros y densidades de nematodos encontrados en 100 gramos de raíz para las diferentes áreas muestreadas de la Región Huetar Atlántica.2006.

	<b>Nematodos en 100 g. de Raíz en las diferentes áreas muestreadas de la Región Huetar Atlántica de CR.2006.</b>			
<b>Área Muestreada</b>	<i>Meloidogyne spp.</i>	<i>Pratylenchus spp.</i>	<i>Helicotylenchus spp.</i>	<i>Criconemella spp.</i>
<b>Matina, Limón</b>	284	747	0	0
<b>Batán, Limón</b>	25641	5121	27	5
<b>Siquirres, Limón</b>	41268	3414	0	0
<b>Puerto Viejo de Sarapiquí</b>	711	3449	0	0

**Cuadro 3A:** Géneros y densidades de nematodos encontrados en 100 gramos de suelo para las fincas muestreadas en la Región Huetar Atlántica.2006.

<b>Nematodos en 100 g. de Suelo</b>						
<b>Código de finca</b>	<i>Meloidogyne spp.</i>	<i>Pratylenchus spp.</i>	<i>Tylenchorhynchus spp.</i>	<i>Tylenchus spp.</i>	<i>Helicotylenchus spp.</i>	<i>Criconemella spp.</i>
F1ZA150806AM1	16	2,7	4	0	0	0
F1ZA150806AM2	0	0	1,3	0	0	0
F2ZA150806A	4	5,3	0	0	0	1,3
F3ZA150806A	0	0	0	0	0	0
F4ZA150806A	21,3	0	1,3	1,3	0	0
F5ZA150806A	2,7	1,3	0	0	0	1,3
F6ZA150806A	25,3	12	0	5,3	0	0
F7ZA150806A	18,7	13,3	0	4	4	0
F1ZA190906A	17,3	20	9,3	0	0	0
F2ZA190906A	36	29,3	10,7	0	4	0
F3ZA190906A	38,7	10,7	9,3	0	0	0
F4ZA190906A	36	5,3	8	0	0	0
F5ZA190906A	17,3	0	0	0	1,3	0
F6ZA190906A	26,7	6,7	0	0	0	0
F7ZA190906A	56	5,3	1,3	0	0	0
F8ZA190906AM1	12	0	0	0	0	0
F8ZA190906AM2	4	0	0	0	1,3	0
F9ZA190906A	25,3	2,7	0	0	0	0
F10ZA190906A	25,3	0	0	0	0	0
<b>Promedio</b>	<b>20,1</b>	<b>6,0</b>	<b>2,4</b>	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>	<b>0,1</b>
<b>Máximo</b>	<b>56,0</b>	<b>29,3</b>	<b>10,7</b>	<b>5,3</b>	<b>4,0</b>	<b>1,3</b>
<b>Mínimo</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>



**Cuadro 4A:** Géneros y densidades de nematodos encontrados en 100 gramos de suelo para las diferentes áreas muestreadas de la Región Huetar Atlántica.2006.

	<b>Nematodos en 100 g. de Suelo en las diferentes áreas muestreadas de la Región Huetar Atlántica de CR.2006.</b>					
<b>Área Muestreada</b>	<i>Meloidogyne</i> <i>spp.</i>	<i>Pratylenchus</i> <i>spp.</i>	<i>Tylenchorhynchus</i> <i>spp.</i>	<i>Tylenchus</i> <i>spp.</i>	<i>Helicotylenchus</i> <i>spp.</i>	<i>Criconemella</i> <i>spp.</i>
<b>Matina, Limón</b>	11,10	7,57	4,87	0,00	0,00	0,00
<b>Batán, Limón</b>	19,50	6,49	3,66	0,16	0,66	0,33
<b>Siquirres, Limón</b>	27,74	7,46	0,26	1,86	0,8	0
<b>Puerto Viejo de Sarapiquí</b>	25,3	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0

**Cuadro 3A:** Frecuencias de géneros de nematodos presentes en raíz, suelo y raíz más suelo en el cultivo de arroz en la Región Huetar Atlántica.2006.

<b>Género</b>	<i>Meloidogyne</i>	<i>Pratylenchus</i>	<i>Tylenchorhynchus</i>	<i>Tylenchus</i>	<i>Helicotylenchus</i>	<i>Criconemella</i>
<b>Frecuencia raíz</b>	0,84	0,95	0,00	0,00	0,05	0,05
<b>Frecuencia suelo</b>	0,89	0,63	0,42	0,16	0,21	0,11
<b>Frecuencia raíz Suelo</b>	0,89	0,95	0,11	0,00	0,26	0,11

**Cuadro 4 A:** Descripción Básica del Manejo Convencional Vrs. MAP (Manejo de Alta Productividad) para la Región Huetar Atlántica.2006.

<b>Manejo</b>	<b>Semilla Kg./Ha</b>	<b>Variedad</b>	<b>Tipo de Siembra (Convencional o mínima)</b>	<b>Distancia entre Surco</b>
Convencional	90	CR 4477 CR 2515 FEDEARROZ 50 Senumisa 3	Labranza mínima	15 cm
MAP	125	Senumisa 2	Labranza mínima	15 cm

Fuente: Arce, 2006.Comunicación Personal.